

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①⑫ **Offenlegungsschrift**
①⑪ **DE 35 18 966 A 1**

⑤① Int. Cl. 4:
G 06 K 9/60

②① Aktenzeichen: P 35 18 966.5
②② Anmeldetag: 25. 5. 85
④③ Offenlegungstag: 6. 2. 86

Behördenstempel

DE 35 18 966 A 1

③⑩ Unionspriorität: ③② ③③ ③①
06.08.84 DD WP G 06 K/265 980 4

⑦① Anmelder:
Jenoptik Jena GmbH, DDR 6900 Jena, DD

⑦② Erfinder:
Ansorg, Jürgen, Dr., DDR 6522 Bürgel, DD; Lehnich,
Holger, DDR 4030 Halle, DD; Zschweigert, Volkmarr,
Dipl.-Ing., DDR 1634 Rangsdorf, DD

⑤④ Verfahren zur Ermittlung der Lage einer Strichkreuzmarke

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur objektiven Bestimmung der Lage einer optischen Strichkreuzmarke in drei Freiheitsgraden durch Abbildung der Marke auf einen x-, y-adressierbaren Bildsensor. Gegenüber bekannten Lösungen wird eine wesentliche Einsparung von Verarbeitungszeit und erforderlicher Speicherkapazität in den Bildverarbeitungseinheiten erzielt. Dies ist möglich, indem unter Verwendung einer Bildfeldauswahlschaltung aus dem Bildfeld des Sensors zwei Zeilen im Abstand u und zwei Spalten im Abstand v ausgewählt werden. Auf diese Zeilen und Spalten wird die Strichkreuzmarke so abgebildet, daß vier Schnittpunkte entstehen, aus denen man mit Hilfe der Geradengleichung die Lage des Schnittpunktes der Striche der Marke sowie aus dem Anstieg einer der Geraden die Kippung der Marke bestimmen kann.

Ein Anwendungsgebiet der Erfindung wäre z. B. die Justierung von optischen und mechanischen Bauelementen mittels einer optischen Marke.

DE 35 18 966 A 1

Patentanspruch:

1. Verfahren zur Ermittlung der Lage einer Strichkreuzmarke durch Abbildung der Marke auf einen x-, y- adressierbaren Bildsensor, dadurch gekennzeichnet, daß aus dem Bildfeld des Sensors zwei Zeilen im Abstand u und zwei Spalten im Abstand v ausgewählt werden, die Strichkreuzmarke so auf dem Sensor abgebildet wird, daß vier Schnittpunkte der Marke mit den ausgewählten Zeilen und Spalten entstehen, aus denen sich die Geradengleichungen des Strichkreuzes berechnen lassen und daß durch Schnittpunktbestimmung der beiden Geradengleichungen die Lage der Marke in x- und y-Richtung sowie aus dem Anstieg einer der Geraden die Verdrehung der Marke in der Bildelebene des Sensors um die z-Achse ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Randzeilen und Randspalten des Bildsensors zur Bestimmung der Lage der Strichkreuzmarke ausgewählt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Strichlängen der Strichkreuzmarke bzw. deren Abbildung so gewählt werden, daß sie im Bereich der einfachen und der doppelten Breite und der einfachen und der doppelten Höhe des Bildsensors liegen.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Strichlängen der Strichkreuzmarke in x-Richtung ein Bildelement kleiner als die doppelte Breite des Sensors und die Strichlänge in y-Richtung ein Bildelement kleiner als die doppelte Höhe des Sensors gewählt werden.

Verfahren zur Ermittlung der Lage einer Strichkreuzmarke

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur objektiven Bestimmung der Lage einer optischen Strichkreuzmarke in drei Freiheitsgraden durch Abbildung der Marke auf einen x-,y-adressierbaren Bildsensor. Mit dem Begriff "Strichkreuzmarke" wird in diesem Zusammenhang jede optische Marke bezeichnet, die aus zwei sich unter einem beliebigen Winkel kreuzenden Strichen G1, G2 besteht.

Als x-, y-adressierbaren Bildsensor könnte eine Videobild-Abtastkamera, wie beispielsweise eine Vidiconkamera, oder eine Festkörperkamera mit Matrixanordnung der Lichtsensorelemente in Verbindung mit einer Bildsignalvorverarbeitungseinheit zur Aufbereitung der Bildsignale, zur Digitalisierung, zur Formatierung und zur Auswahl von relevanten Bilddaten und eine Bildsignalverarbeitungseinheit zur Berechnung der Lage der optischen Marke zum Einsatz kommen. Eine Anwendung wäre z.B. die Justierung von optischen und mechanischen Bauelementen mittels einer optischen Marke.

Es sind verschiedene Verfahren zur optischen Messung der Lage von z.B. optischen Marken bekannt.

Für die Lagebestimmung eines in einer Ebene angeordneten Gegenstandes kann eine Vorrichtung verwendet werden, die gekennzeichnet ist durch eine Abbildungsoptik zur reellen Abbildung des Gegenstandes und mindestens zwei nicht parallele Photodiodenzeilen (DE-OS 2543645).

Die beschriebene Vorrichtung ermöglicht eine rasche und selbsttätige Messung.

Nachteilig ist die Verwendung von mehreren räumlich getrennten Photodiodenzeilen und die damit verbundenen Schwierigkeiten der Lagestabilität der Photodiodenzeilen zueinander. In einer anderen bekannten Lösung (DE-AS 2059106) werden Strukturen gemessen mit Hilfe einer Vorrichtung, die auf der Laufzeitmessung des Videosignals beruht. Dazu werden die Strukturen auf eine Bildaufnahmeröhre abgebildet und in den Strahlengang auf optischem Wege Meßmarken eingeblendet. Nachteilig ist hier der hohe optische und mechanische Aufwand zum Einblenden der Meßmarken in den Strahlengang und die bekannten Nachteile einer Bildaufnahmeröhre, wie Geometriefehler, geringer Dynamikbereich, Nachzieheffekte, Einlaufzeit, mechanische Empfindlichkeit, Lebensdauer etc.

Weiterhin sind Lösungen bekannt, die gekennzeichnet sind dadurch, daß zweidimensionale Bildaufnehmer (z.B. Vidiconröhren) das Bild abtasten, digitalisieren und die kompletten Bildinformationen in einem Bildspeicher ablegen. (z.B. DE-OS 3111027). Eine Auswerteeinheit, wie z.B. ein Digitalrechner ermittelt dann aus den abgespeicherten Bilddaten die benötigten Größen. Nachteilig ist hier der Speicheraufwand für eine Komplettbildabspeicherung und der erforderliche Verarbeitungsaufwand.

Ziel der Erfindung ist es, die Bestimmung der Position einer auf einen Sensor abgebildeten optischen Strichkreuzmarke in drei Freiheitsgraden objektiv, schnell, mit hoher Genauigkeit und großem Fangbereich durchzuführen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Arbeitsablauf in einem zur objektiven Ermittlung der Lage einer Strich-

- 3 - 4

kreuzmarke verwendeten Lageerkennungssystem, welches im wesentlichen aus Bildaufnahmeeinrichtung mit x-, y-adressierbarem Bildsensor, Bildvorverarbeitungseinrichtung und Bildverarbeitungseinrichtung besteht, so zu gestalten, daß eine wesentliche Einsparung von Verarbeitungszeit und erforderlicher Speicherkapazität erzielt wird. Dies ist nur möglich, wenn zur Bestimmung der Lage der Marke nur die Bilddaten einbezogen werden, die für die Erkennung der Lage relevant sind. Zu diesem Zweck werden unter Verwendung einer Bildfeldauswahlschaltung aus dem Bildfeld des Sensors zwei Zeilen im Abstand u und zwei Spalten im Abstand v ausgewählt, auf die die Strichkreuzmarke so abgebildet wird, daß vier Schnittpunkte der Marke mit den ausgewählten Zeilen und Spalten entstehen. Aus diesen Schnittpunkten werden die Geradengleichungen der Teile G_1 , G_2 des Strichkreuzes berechnet. Durch Schnittpunktbestimmung der beiden Geradengleichungen läßt sich die Lage des Schnittpunktes der Strichkreuzmarke in x- und y-Richtung berechnen. Die Kippung der Marke in der Bildfeldebene um die z-Achse ergibt sich aus dem Anstieg einer der Geraden. Der Vorteil des Verfahrens ist in der Minimierung an Speicher- und Verarbeitungsaufwand zu sehen. Die größte Genauigkeit der Lagebestimmung wird erreicht, wenn die Randzeilen und Randspalten des Bildsensors ausgewählt werden. Durch eine geeignete Dimensionierung der Strichkreuzmarke kann man den Fangbereich über die aktive Fläche des Bildsensors hinaus erweitern. Der größte Fangbereich wird erreicht, wenn die Länge der Marke in x-Richtung ein Bildelement kleiner ist als die doppelte Breite des Sensors und die Länge der Marke in y-Richtung ein Bildelement kleiner als die doppelte Höhe des Sensors ist, wobei die Abmessungen der Marke generell zwischen der einfachen und der doppelten Breite bzw. einfachen und doppelten Höhe des Bildsensors liegen sollten. Bei Verwendung einer Abbildungsoptik ist der Abbildungsmaßstab bei der Dimensionierung der Marke zu beachten.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird nachfolgend am Beispiel eines Lageerkennungssystems mit CCD-Matrix-Sensor nach Fig. 1 und einer optischen Marke in Form eines Strichkreuzes zur Justierung von optischen Bauelementen nach Fig. 2 erläutert. Das Lageerkennungssystem besteht aus einer Bildaufnahmeeinrichtung 0, die den Bildsensor 1 einschließlich der Ansteuerelektronik enthält, einer Bildprozeßsteuerschaltung 2, einer Bildaufbereitungsschaltung 3, einem Monitor 4, einer Digitalisierschaltung 5, einer Formatierungsschaltung 6, einer Schaltung für den direkten Speicherzugriff 7, einer Bildfeldauswahlschaltung 8, einer Verarbeitungseinrichtung 9, einer Speicherschaltung 10 und einem Steuermodul 11.

Die Lage der auf dem Bildsensor abgebildeten optischen Marke wird im Koordinatensystem nach Fig. 2 bestimmt. Der Bildsensor besteht aus m mal n Bildelementen BE , die auf ihm matrixförmig angeordnet sind. Dabei ist m die Breite des Bildsensors in Bildelementen und n die Höhe des Bildsensors in Bildelementen. Ein Bildelement besitzt die Abmessungen BE_x mal BE_y . Zur Vergrößerung des Fangbereiches des Lageerkennungssystems ist es günstig, die Abmessungen der optischen Marke in der Bildebene

$$a = (2m-1)BE_x$$

$$b = (2n-1)BE_y$$

zu wählen. Der Fangbereich kann sich dadurch auf ein Mehrfaches der Sensorfläche vergrößern, da die an die vier Seiten des Bildsensors angrenzenden Flächen eine grobe Lagebestimmung der optischen Marke ermöglichen.

Diese Lagebestimmung besteht jedoch zunächst nur in der Bestimmung einer der vier angrenzenden Flächen, in der sich der Schnittpunkt der optischen Marke befindet.

Es ist somit eine erste Justierbewegung in Richtung der Sensorfläche und ggf. weitere Justierbewegungen notwendig, bis die optische Marke derart auf der Sensorfläche abgebildet wird, daß die 1. und m-te Spalte, sowie die 1. und n-te Zeile des Bildsensors durch die Strichkreuzmarke geschnitten werden. Mit den sich ergebenden vier Schnittpunktkoordinaten x_1, x_2, y_1, y_2 lassen sich die Geradengleichungen g_1 und g_2 der beiden Teile G1 und G2 der Strichkreuzmarke ermitteln. Aus den Geradengleichungen g_1 und g_2 lassen sich durch Schnittpunktbestimmung die Lage des Schnittpunktes der optischen Marke in x- und in y-Richtung und die Kippung der optischen Marke um die z-Achse in bekannter Weise bestimmen. Die Koordinaten x_0, y_0 des Schnittpunktes P der beiden Geraden G1, G2 bestimmen sich zu:

$$x_0 = \frac{(y_1 - 1) + \frac{(n-1)BE_y}{x_2 - x_1} (x_1 - 1)}{\frac{(n-1)BE_y}{x_2 - x_1} - \frac{y_2 - y_1}{(m-1)BE_x}}$$

$$y_0 = \frac{y_2 - y_1}{(m-1)BE_x} x_0 + y_1 - 1$$

Der Kippwinkel φ bestimmt sich zu:

$$\varphi = \arctan \frac{y_2 - y_1}{(m-1)BE_x}$$

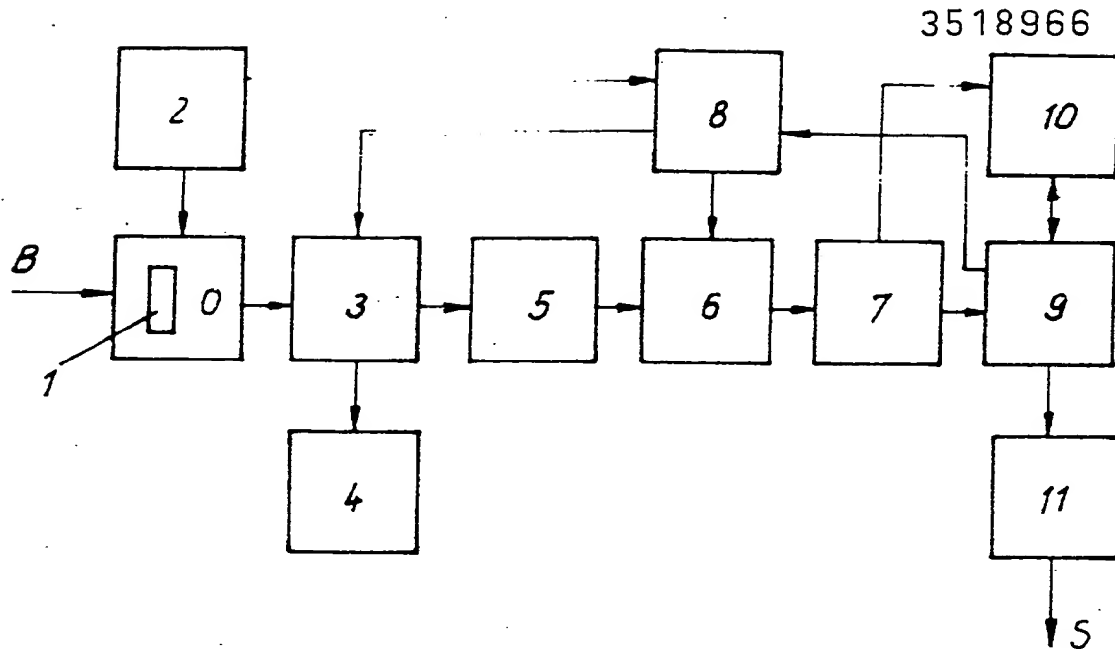


Fig. 1

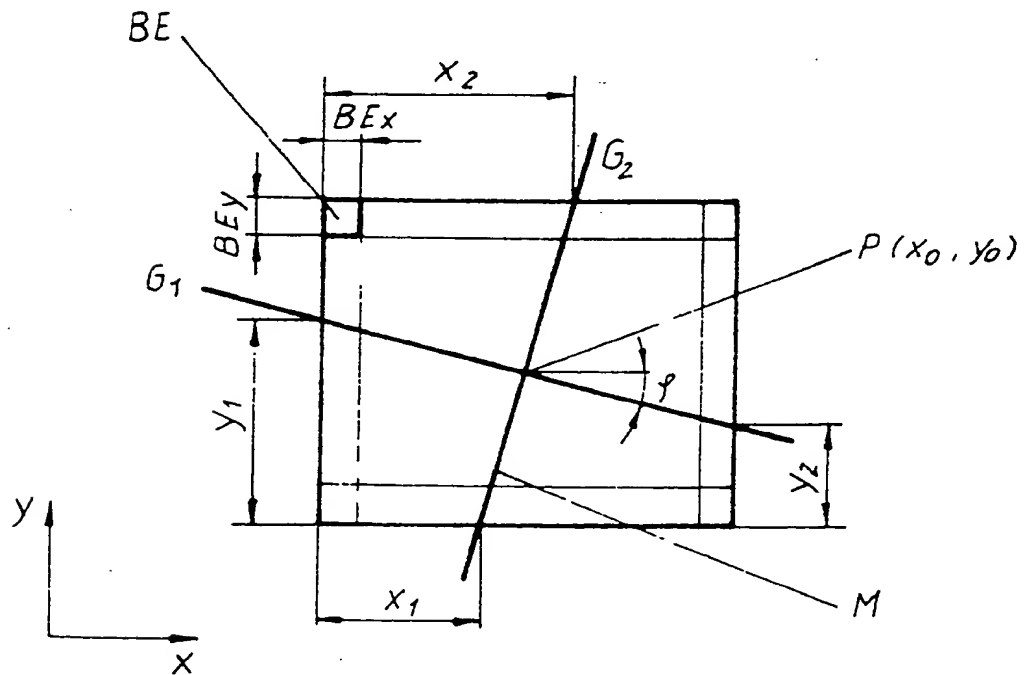


Fig 2